

PAT-NO: JP408065976A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 08065976 A

TITLE: BRUSHLESS SELF-EXCITED THREE-PHASE SYNCHRONOUS GENERATOR

PUBN-DATE: March 8, 1996

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

SATAKE, SATORU

HOSAKA, YUKIO

ONOKI, YUKIO

INOUE, KENJI

INT-CL (IPC): H02K019/28, H02K019/26 , H02P009/14

ABSTRACT:

PURPOSE: To obtain a brushless self-excited three-phase synchronous motor wherein the number of slots in its rotor and stator can be determined regardless of the degree of the spatial harmonic component in armature reaction magnetic fields.

CONSTITUTION: Four-pole three-phase main generation windings WU, WV, WW are wound around a stator core, and further a stator exciting winding W_e of 12 poles, three times (odd multiple of) the number of poles of the main generation windings, is put in concentrated, full-pitch winding. The stator exciting winding W_e is connected with the intermediate taps u, v, W of the three-phase main generation windings WU, WV, WW, through a control and rectifying apparatus 5. Six four-pole field windings W_r are wound around a rotor core, and each of them is placed in a slot position where it is magnetically coupled with the spatial harmonic component of an odd degree of armature reaction magnetic fields based on the current I_1 , I_2 , I_3 of the three-phase main generation windings and the spatial dominant wave component of stationary magnetic fields based on the current I_e of the stator exciting winding. The six field windings are short-circuited to one another through a diode D.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

----- KWIC -----

Abstract Text - FPAR (2):

CONSTITUTION: Four-pole three-phase main generation windings WU, WV, WW are wound around a stator core, and further a stator exciting winding W_e of 12 poles, three times (odd multiple of) the number of poles of the main

generation windings, is put in concentrated, full-pitch winding. The stator exciting winding W_e is connected with the intermediate taps u, v, W of the three-phase main generation windings WU, WV, WW, through a control and rectifying apparatus 5. Six four-pole field windings W_r are wound around a rotor core, and each of them is placed in a slot position where it is magnetically coupled with the spatial harmonic component of an odd degree of armature reaction magnetic fields based on the current I_1 , I_2 , I_3 of the three-phase main generation windings and the spatial dominant wave component of stationary magnetic fields based on the current I_e of the stator exciting winding. The six field windings are short-circuited to one another through a diode D.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-65976

(43)公開日 平成8年(1996)3月8日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 K 19/28				
19/26	A			
H 0 2 P 9/14	E			

審査請求 未請求 請求項の数6 F D (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平6-212044

(22)出願日 平成6年(1994)8月11日

(71)出願人 000001812

株式会社佐竹製作所

東京都千代田区外神田4丁目7番2号

(72)発明者 佐竹 覺

広島県東広島市西条西本町2番38号

(72)発明者 保坂 幸男

広島県東広島市西条西本町2番30号 株式会社佐竹製作所内

(72)発明者 大野木 幸男

広島県広島市東区温品2丁目16番18号

(72)発明者 猪上 憲治

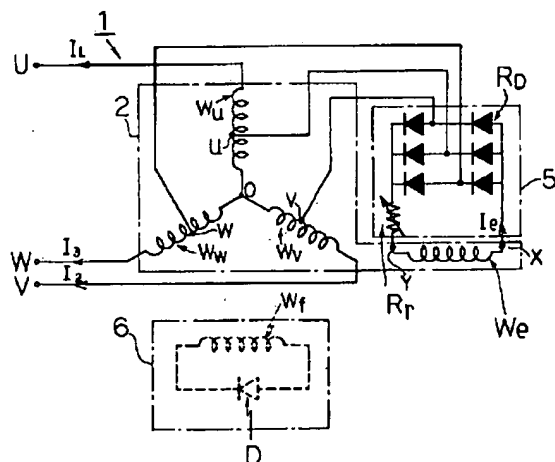
広島県広島市西区大芝3丁目18番9号

(54)【発明の名称】 ブラシレス自励三相同期発電機

(57)【要約】 (修正有)

【目的】 電機子反作用磁界の空間高調波成分の次数に関係なく、回転子と固定子のスロット数を決定できるブラシレス自励三相同期発電機を得る。

【構成】 固定子コアに、4極の三相主発電巻線 W_u 、 W_v 、 W_w が、巻装され、且つ前記主発電巻線の極数の3倍(奇数倍)の12極の固定子励磁巻線 W_e が集中全節巻に巻装されている。この固定子励磁巻線 W_e は制御整流装置5を介して三相主発電巻線 W_u 、 W_v 、 W_w の中間タップ u 、 v 、 w に接続されている。回転子コアには、6個の4極界磁巻線 W_f が巻装され、各々が前記三相主発電巻線の電流 I_1 、 I_2 、 I_3 に基づく電機子反作用磁界の奇数次の空間高調波成分および前記固定子励磁巻線の電流 I_e に基づく静止磁界の空間基本波成分の双方とそれぞれ磁氣的結合を成すスロット位置に配列されており、前記6個の界磁巻線は各々がダイオードDを介して短絡されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 固定子コアに主発電巻線と該主発電巻線の極数の奇数倍の極数を有する励磁巻線とを巻装した固定子と、回転子コアに前記主発電巻線の極数と同極数の界磁巻線を複数個巻装すると共に該複数個の界磁巻線は前記励磁巻線が作る静止磁界と前記主発電巻線が作る電機子反作用磁界の奇数次の空間高調波成分との双方と磁氣的結合を成す位置に配列して巻装した回転子と、前記主発電巻線の誘導起電力を全波整流して前記励磁巻線に直流を流すよう前記主発電巻線と前記励磁巻線との間に設けた制御整流装置及び、前記複数個の界磁巻線の各々の誘導起電力を半波整流して界磁巻線に直流を流すよう前記複数個の界磁巻線の各々に直列に設けた半導体整流素子とから構成したことを特徴とするブラシレス自励三相同期発電機。

【請求項2】 制御整流装置は三相全波整流器と可変抵抗器からなることを特徴とする請求項1記載のブラシレス自励三相同期発電機。

【請求項3】 制御整流装置は制御可能な半導体整流素子で構成した三相全波整流器からなることを特徴とする請求項1記載のブラシレス自励三相同期発電機。

【請求項4】 固定子コアに主発電巻線を巻装した固定子と、該固定子の主発電巻線の出力端に負荷と並列に接続したリアクトルと、回転子コアに前記主発電巻線の極数と同極数の界磁巻線を複数個巻装すると共に該複数個の界磁巻線は前記主発電巻線が作る電機子反作用磁界の奇数次の空間高調波成分と磁氣的結合を成す位置に配列して巻装した回転子及び、前記複数個の界磁巻線の各々の誘導起電力を半波整流して界磁巻線に直流を流すよう前記複数個の界磁巻線の各々に直列に設けた半導体整流素子とから構成したことを特徴とするブラシレス自励三相同期発電機。

【請求項5】 リアクトルはリアクトル励磁電流を調整可能な可変リアクトルであることを特徴とする請求項4記載のブラシレス自励三相同期発電機。

【請求項6】 回転子の複数個の界磁巻線は、該複数個の界磁巻線個々を前記主発電巻線の磁極間隔と等しい磁極間隔となる電気角で 180° のピッチにして、前記回転子コアに等間隔に設けた任意数のスロットに順次配列して巻装したことを特徴とする請求項1または4記載のブラシレス自励三相同期発電機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、発電機構造が簡単にして堅牢であり、電磁振動や騒音が小さく、発電機本体内に直巻励磁機能を有して負荷の変動に対して平複巻特性の電圧を出力し、かつ無負荷時および負荷時のそれぞれの出力電圧を任意に調整し得るブラシレス自励三相同期発電機に関する。

【0002】

【従来の技術】発電機が本体内に直巻励磁機能を有し、平複巻特性の電圧を出力するブラシレス自励同期発電機としては特開平3-245755号公報により開示された発電機と特開平4-285454号公報により開示された発電機とが知られており、これらのブラシレス自励同期発電機を図7と図8にそれぞれ示す。

【0003】特開平3-245755号公報のブラシレス自励同期発電機は、固定子鉄心20に集中全節巻乃至集中全節巻に準ずる巻線態様の2極（実施例）の主発電巻線U、V、Wと該主発電巻線の極数の5倍（実施例）の極数を有する10極（実施例）の固定子界磁巻線21とが巻装され、回転子鉄心22には前記主発電巻線の極数と等しい極数を有する2極（実施例）の回転子界磁巻線23と前記固定子界磁巻線の極数と等しい極数を有し、且つ前記主発電巻線の電流が作る電機子反作用磁界の第5次空間高調波成分（10極磁界）とも磁氣的結合を成す10極（実施例）の回転子励磁巻線24とが巻装されて、前記主発電巻線と前記固定子界磁巻線21とは主発電巻線U、V、Wの各相の中間タップu、v、wに接続された制御整流装置VR（三相全波整流器25および可変抵抗器R_f）を介して接続され、前記回転子励磁巻線24と前記回転子界磁巻線23とはダイオードブリッジ回路26を介して接続されている。

【0004】この構成のブラシレス自励同期発電機の作用を以下に説明する。回転子を回転させると回転子鉄心22の残留磁気によって主発電巻線U、V、Wに起電力が誘導される。この誘導起電力は三相全波整流器25によって整流されて固定子界磁巻線21に直流電流I_{fs}が流れると共に主発電巻線に交流電流が流れて、回転子励磁巻線24には直流電流I_{fs}が作る静止磁界に基づく起電力と、主発電巻線の交流電流が作る電機子反作用磁界の第5次空間高調波成分に基づく起電力とが重畳して誘導し、該重畳起電力がダイオードブリッジ回路26によって整流されて回転子界磁巻線23に直流電流I_fが流れ、主磁界が増磁して主発電巻線の起電力が増加する。そしてこの動作を繰り返して出力電圧が自己確立する。なお、このとき回転子鉄心22の残留磁気が不足の場合にはバッテリーBによって初期励磁を行う。

【0005】更に、このブラシレス自励同期発電機は三相の抵抗および誘導性（遅れ力率）負荷においてそれぞれ負荷が増減すると、負荷電流の増減に比例して電機子反作用磁界の第5次空間高調波成分が増減し、結果的に回転子界磁巻線21の直流電流I_fが増減して出力電圧の変動が抑制され、負荷の増減に対して平複巻特性の出力電圧が得られる。また、発電機に三相不平衡負荷あるいは単相負荷を接続した場合は、電機子反作用磁界の第5次空間高調波成分による直巻励磁効果は三相平衡負荷時に比べて減少するが、三相不平衡負荷時あるいは単相負荷時には電機子反作用磁界の逆相分の空間基本波成分によって回転子界磁巻線23に起電力が誘導し、該起電

力はダイオードブリッジ回路26によって半波整流されて前記直巻励磁効果の減少に基づく回転子界磁巻線23の直流電流 I_f の減少分を補償するので、三相不平衡負荷あるいは単相負荷時の出力電圧も三相平衡負荷時と同様に平複巻特性となる。更に前記ブラシレス自励同期発電機は、無負荷時および負荷時のそれぞれの出力電圧の任意調整が、固定子界磁巻線21に接続された直流の可変抵抗器 R_f によって簡単に行える。

【0006】特開平4-285454号公報のブラシレス自励同期発電機は、固定子鉄心27に集中全節巻乃至集中全節巻に準ずる巻線態様の2極（実施例）の電機子巻線U、V、Wを巻装し、該電機子巻線からの引き出し端にリアクトル28を接続して、前記電機子巻線と前記リアクトル28とによる閉回路を形成し、回転子鉄心29は前記電機子巻線が作る電機子反作用磁界の第5次空間高調波成分と磁氣的結合をなす10極（実施例）の回転子励磁巻線30と該回転子励磁巻線30の起電力が直流に変換された後に供与され、且つ前記電機子巻線と同一極数の2極（実施例）の回転子界磁巻線31とを巻装すると共に、回転子鉄心29には前記回転子励磁巻線30の起電力を直流に変換するための整流器32を備えている。

【0007】この構成のブラシレス自励同期発電機の作用を以下に説明する。回転子を回転させると回転子鉄心29の残留磁気によって電機子巻線U、V、Wに起電力が生じ、電機子巻線とリアクトル28にリアクトル励磁電流が流れる。この励磁電流による電機子反作用磁界の第5次空間高調波成分は回転子励磁巻線30に起電力を誘導し、この起電力は回転子励磁巻線30と界磁巻線31間に接続された整流器32によって全波整流されて直流電流が界磁巻線31に流れ、主磁界が増磁して電機子巻線の起電力が増加する。そしてこの動作を繰り返して出力電圧が自己確立する。なおこのときリアクトル28を可変リアクトルとしリアクトル励磁電流を調整すれば、無負荷電圧を任意に設定し得る。

【0008】次に三相負荷時においては、電機子巻線に負荷電流とリアクトル励磁電流とのベクトル和の電流が流れる。従って、電機子巻線を流れる電流（電機子電流）の大きさは、負荷電流の大きさが一定であってもリアクトルの効用によって負荷の力率が遅れ力率になるほど増大し、負荷の力率が進み力率になるほど減少する。したがって、この発電機は負荷力率が遅れ力率になるほど界磁の直巻励磁効果が増大して出力電圧の低下が抑制され、また負荷力率が進み力率になるほど界磁の直巻励磁効果が減少して進相電流による自己励磁現象に基づく出力電圧の上昇が抑制される。すなわち、この発電機は、負荷力率の変化に適切に対応できる自動電圧調整機能を発電機自体が有している。なお、この発電機は、三相不平衡負荷時、あるいは単相負荷時の場合にも電機子反作用磁界の逆相分の空間基本波成分が界磁の直巻作用

に加わる以外は、前記三相負荷時の動作と同様の動作を行う。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来技術の特開平3-245755号公報に開示されたブラシレス自励同期発電機及び特開平4-285454号公報に開示されたブラシレス自励同期発電機にはそれぞれ次のような問題がある。

【0010】特開平3-245755号公報及び特開平4-285454号公報に開示されたブラシレス自励同期発電機は、両発電機とも回転子鉄心に回転子界磁巻線と回転子励磁巻線の2種類の巻線を巻装しなければならないという問題がある。これは、回転子鉄心に巻装する巻線が多種になるということであり、回転子構造が複雑になることは明らかである。更に、これは機械的強度が低下することになり、また絶縁劣化等による短絡焼損事故の発生率が高くなる。したがって、発電機の堅牢性および信頼性の向上のためには回転子鉄心に巻装する巻線は単種であることが望ましい。

【0011】更に、特開平3-245755号公報に開示されたブラシレス自励同期発電機は、主発電巻線が作る電機子反作用磁界の空間高調波成分のうち、特定の次数の高調波成分を利用して界磁の直巻励磁効果をもたらす方式のため、特定の次数の空間高調波成分と磁氣的結合を成す回転子励磁巻線、また該回転子励磁巻線と磁氣的結合を成す固定子界磁巻線を、それぞれの極数が特定次数の高調波成分の極数と同一になるようにそれぞれ巻装する必要がある。例えば三相2極発電機において、電機子反作用磁界の第5次空間高調波成分を直巻励磁作用として利用する場合には、固定子界磁巻線及び回転子励磁巻線をそれぞれ10極に、また三相4極発電機においてはそれらを20極にそれぞれ巻装する必要がある。そのため発電機はこれらの巻線を巻装するために設ける固定子及び回転子コアのスロット数が、界磁の直巻励磁作用に利用する空間高調波成分の特定次数に伴ってそれぞれ特定される。

【0012】つまり、前記三相2極発電機は、主発電巻線の巻装も考慮に入れて固定子コアのスロット数が $30n$ （ n ：正の整数）個に、また回転子コアのスロット数が界磁巻線の巻装も考慮に入れて $10m$ （ m ：正の整数）個にそれぞれ特定される。また三相4極発電機は、固定子コアのスロット数が $60n$ （ n ：正の整数）個に、回転子コアのスロット数が $20m$ （ m ：正の整数）個にそれぞれ特定される。ただし、スロット数は両コアともコアの周辺上にスロットを等間隔に設けるものとした場合を示す。

【0013】このように、固定子及び回転子コアに設けるスロットの個数を特定の数に限定しなければならない場合は、発電機に次のような問題を生じる。すなわち回転機は固定子コアのスロット数と回転子コアのスロット

数との組合せ如何によって大きな電磁振動や騒音を発生する場合がある。従って回転機では一般に電磁振動、騒音が軽減されるスロット数の組合せが選定されている。しかし、前記ブラシレス自励同期発電機は、固定子コアと回転子コアのそれぞれのスロット数が、任意に選択した次数の高調波成分によって特定の数に限定されるため、電磁振動や騒音を軽減するためのスロット数の組合せを自由に選択することができないことから、空間高調波成分の特定次数に伴って特定されるスロット数の組合せによっては大きな電磁振動や騒音を発生する恐れがある。

【0014】また、特開平4-285454号公報に開示されたブラシレス自励同期発電機も、主発電巻線が作る電機子反作用磁界の空間高調波成分の内、特定の次数の高調波成分を利用して界磁の直巻励磁効果をもたらす方式のため、特定の空間高調波成分と磁氣的結合を成す回転子励磁巻線が回転子に設けてあり、このことによって回転子コアのスロット数が特定されている。したがって、発電機としても固定子コアのスロット数と回転子コアのスロット数との組合せの選択幅が小さく、前記特開平3-245755号公報の発電機が持つ電磁振動や騒音が発生するという問題をこの発電機も有している。

【0015】以上のことから、本発明では、回転子が回転子励磁巻線を不要とし、更に、電機子反作用磁界の空間高調波成分の次数に関係なく回転子のスロット数を決定でき且つ主発電巻線を特定次数の空間高調波成分を発生させる巻線態様にする必要のないブラシレス自励三相同期発電機の提供を目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明によると、固定子コアに主発電巻線と該主発電巻線の極数の奇数倍の極数を有する励磁巻線とを巻装した固定子と、回転子コアに前記主発電巻線の極数と同極数の界磁巻線を複数個巻装すると共に該複数個の界磁巻線は前記励磁巻線が作る静止磁界と前記主発電巻線が作る電機子反作用磁界の奇数次の空間高調波成分との双方と磁氣的結合を成す位置に配列して巻装した回転子と、前記主発電巻線の誘導起電力を全波整流して前記励磁巻線に直流を流すよう前記主発電巻線と前記励磁巻線との間に設けた制御整流装置及び、前記複数個の界磁巻線の各々の誘導起電力を半波整流して界磁巻線に直流を流すよう前記複数個の界磁巻線の各々に直列に設けた半導体整流素子とからブラシレス自励同期発電機を構成したことにより前記課題を解決するための手段とした。

【0017】また、固定子コアに主発電巻線を巻装した固定子と、該固定子の主発電巻線の出力端に負荷と並列に接続したリアクトルと、回転子コアに前記主発電巻線の極数と同極数の界磁巻線を複数個巻装すると共に該複数個の界磁巻線は前記主発電巻線が作る電機子反作用磁界の奇数次の空間高調波成分と磁氣的結合を成す位置に

配列して巻装した回転子及び、前記複数個の界磁巻線の各々の誘導起電力を半波整流して界磁巻線に直流を流すよう前記複数個の界磁巻線の各々に直列に設けた半導体整流素子とからブラシレス自励三相同期発電機を構成したことにより前記課題を解決するための手段とした。

【0018】

【作用】固定子コアに主発電巻線と該主発電巻線の極数の奇数倍の極数を有する励磁巻線とを巻装した固定子と、回転子コアに前記主発電巻線の極数と同極数の界磁巻線を複数個巻装すると共に該複数個の界磁巻線は前記励磁巻線が作る静止磁界と前記主発電巻線が作る電機子反作用磁界の奇数次の空間高調波成分との双方と磁氣的結合を成す位置に配列して巻装した回転子と、前記主発電巻線の誘導起電力を全波整流して前記励磁巻線に直流を流すよう前記主発電巻線と前記励磁巻線との間に設けた制御整流装置及び、前記複数個の界磁巻線の各々の誘導起電力を半波整流して界磁巻線に直流を流すよう前記複数個の界磁巻線の各々に直列に設けた半導体整流素子とからブラシレス自励同期発電機を構成した。この構成における作用を以下に説明する。

【0019】以上の構成の発電機において、回転子を回転させると回転子コアの残留磁気によって主発電巻線に僅かの誘導起電力が生じる。該誘導起電力は主発電巻線と固定子励磁巻線間に接続した制御整流装置（三相全波整流器と可変抵抗器）によって整流され、固定子励磁巻線に直流電流が流れて静止磁界（これが分巻励磁効果をもたらす）が生じる。また主発電巻線には前記誘導起電力に基づいて三相交流電流が流れて電機子反作用磁界（これが直巻励磁効果をもたらす）が生じる。そして前記静止磁界と前記電機子反作用磁界との重畳磁界は、前記静止磁界及び前記電機子反作用磁界の奇数次の高調波成分の全てと磁氣的結合を成す回転子の複数個の界磁巻線の各々に起電力を誘導する。この複数個の界磁巻線の各々の起電力は界磁巻線の各々に直列に設けた半導体整流素子によって各々が半波整流されて回転子コアの主磁束を増磁する。さらにこの主磁束の増磁は主発電巻線の前記誘導起電力を増加させることになり、この動作の繰返しによって主発電巻線の無負荷電圧が自己確立する。ここで、前記制御整流装置を調整すると、固定子励磁巻線に流れる直流電流が制御されて発電機の無負荷電圧が任意に可変設定できる。なお、回転子コアに前記残留磁気が無いときには、固定子励磁巻線にバッテリーを瞬時投入して初期励磁を得る。

【0020】さて、この発電機に三相の抵抗負荷、あるいは誘導性負荷を接続すると、三相負荷の増加に対して発電機の出力電圧が次のように補償される。すなわち、三相負荷の接続によって主発電巻線から負荷電流が流出するため、負荷電流によって主発電巻線が作る電機子反作用磁界が増大する。したがって、電機子反作用磁界の奇数次の空間高調波成分も負荷電流の大きさに比例して

増大することになり、奇数次の空間高調波の増大が前記複数個の界磁巻線の各々の誘導起電力の増加、つまり各々の半波整流電流の増加をもたらし、回転子コアの主磁束が増磁して主発電巻線の誘導起電力が増加する。その結果、負荷電流による主発電巻線のインピーダンス電圧降下が誘導起電力の増加によって補われることになり、発電機の出力電圧は三相負荷の増加に対してほぼ一定値となる。

【0021】なお、前記ブラシレス自励三相同期発電機は、前述したように主発電巻線の電流に基づく電機子反作用磁界の空間高調波成分に比例して界磁の主磁束が増減する原理のため、主発電巻線に負荷を接続し、負荷電流が流れている状態での電圧自己確立も可能である。更に、この発電機は負荷が三相不平衡負荷、あるいは単相負荷の場合でも、主発電巻線の三相不平衡電流によって新たに生じた電機子反作用磁界の逆相分の空間基本波成分が複数個の界磁巻線の各々に起電力を誘導して界磁の直巻励磁効果をもたらすため、三相不平衡電流に原因する電機子反作用磁界の空間高調波成分の減少に基づく界磁の直巻励磁効果の減少分が補償されることになり、発電機の出力電圧は負荷の変動に対してほぼ一定値に保たれる。

【0022】次に、固定子コアに主発電巻線を巻装した固定子と、該固定子の主発電巻線の出力端に負荷と並列に接続したリアクトルと、回転子コアに前記主発電巻線の極数と同極数の界磁巻線を複数個巻装すると共に該複数個の界磁巻線は前記主発電巻線が作る電機子反作用磁界の奇数次の空間高調波成分と磁氣的結合を成す位置に配列して巻装した回転子及び、前記複数個の界磁巻線の各々の誘導起電力を半波整流して界磁巻線に直流を流すよう前記複数個の界磁巻線の各々に直列に設けた半導体整流素子とから構成したブラシレス自励三相同期発電機的作用を以下に説明する。

【0023】以上の構成の発電機において、回転子を回転させると回転子コアの残留磁気によって主発電巻線に僅かの誘導起電力が生じる。該誘導起電力によって電機子巻線と該電機子巻線の出力端に負荷と並列に接続したリアクトルとにリアクトル励磁電流が流れる。このリアクトル励磁電流により電機子反作用磁界が生じ、電機子反作用磁界の奇数次の空間高調波成分の全てと磁氣的結合を成す回転子の複数個の界磁巻線の各々に起電力を誘導する。この複数個の界磁巻線の各々の起電力は界磁巻線の各々に直列に設けた半導体整流素子によって各々が半波整流されて回転子コアの主磁束を増磁する。さらにこの主磁束の増磁は主発電巻線の前記誘導起電力を増加させることになり、この動作の繰返しによって主発電巻線の無負荷電圧が自己確立する。なおこのときリアクトルを可変リアクトルにしてリアクトル励磁電流を調整すれば、無負荷電圧を任意に設定し得る。

【0024】さて、この発電機に三相の抵抗負荷、誘導

性負荷あるいは容量性負荷を接続すると、三相負荷の力率の変化に対して発電機の出力電圧が次のように補償される。すなわち、三相負荷の接続によって主発電巻線に負荷電流も流れるため、主発電巻線には負荷電流とリアクトル励磁電流とのベクトル和の電流が流れる。従って主発電巻線を流れる電流は、負荷電流の大きさが一定であってもリアクトルの効用により、負荷の力率が遅れ力率になるほど増大し、負荷の力率が進み力率になるほど減少する。つまりこの発電機は、負荷力率が遅れ力率になるほど主発電巻線の電流が増加して電機子反作用磁界の空間高調波成分も増大し、界磁の直巻励磁効果が増大して出力電圧の低下が抑制され、また負荷力率が進み力率になるほど主発電巻線の電流が減少して電機子反作用磁界の空間高調波成分も減少し、界磁の直巻励磁効果が減少して進相電流による自己励磁現象に基づく出力電圧の上昇が抑制される。従って、主発電巻線の出力端に負荷と並列にリアクトルを接続した発電機は、負荷力率の変化に適切に対応できる自動電圧調整機能を発電機自体が有していることになる。なお、この発電機は、三相不平衡負荷あるいは単相負荷の場合にも電機子反作用磁界の逆相分の空間基本波成分が界磁の直巻励磁作用に加わる以外は、前記三相負荷時の動作と同様の動作を行う。

【0025】以上のことから本発明では、従来技術において必要であったブラシレス自励同期発電機の回転子励磁巻線を不要として、界磁巻線と半導体整流素子とからなる簡単な構造のブラシレス自励三相同期発電機の回転子の提供を可能とし、さらに、従来技術において問題であった固定子コアのスロット数と回転子コアのスロット数との組合せに原因した電磁振動や騒音の発生を抑制し、更に、前記回転子の回転子励磁巻線を不要とするため、回転子回路のR、Lの時定数が小さくなり、電圧制御の応答が速くなるという多大な効果を有するブラシレス自励三相同期発電機が提供できた。

【0026】

【実施例】本発明による好適な第1の実施例を図1から図3によって説明する。まず図1に第1の実施例のブラシレス自励三相同期発電機1の回路図と、図2に第1の実施例による固定子のスロットを示し、図3に第1の実施例による回転子のスロットを示す。まず固定子2の回路構成について説明すると、固定子コア3に等間隔に設けられた48個のスロット4に電気角で 120° の位相差を設けて、4極の三相主発電巻線 W_u 、 W_v 、 W_w が、該三相主発電巻線が作る電機子反作用磁界の空間高調波成分を適度に発生させるためにそれぞれ3スロット（毎極毎相当り）分布全節巻に巻装され、かつ前記スロット4に前記主発電巻線の極数の3倍（奇数倍）の12極の固定子励磁巻線 W が集中全節巻に巻装されている。なお、図2では三相主発電巻線 W_u 、 W_v 、 W_w のうちU相の主発電巻線 W_u と固定子励磁巻線 w_e のみを図示し、その他の主発電巻線 W_v 、 W_w は省略してあ

る。前記固定子励磁巻線 W_e は制御整流装置5を介して三相主発電巻線 W_u 、 W_v 、 W_w の中間タップ u 、 v 、 w に接続されている。制御整流装置5はダイオードによる三相全波整流器 R_D と可変抵抗器 R_r とから構成している。またこの制御整流装置5は発電機1外部に設けられる。なお前記三相主発電巻線は、界磁の直巻励磁作用に利用し得る適度の電機子反作用磁界の奇数次の空間高調波成分を発生させるための巻線態様であれば、本実施例の分布全巻に限定されることはない。また、三相全波整流器 R_D を制御可能なサイリスタ等の半導体整流素子で構成した場合には前記可変抵抗器 R_r は不要となる。

【0027】次に回転子6の回路構成について説明すると、回転子コア7には等間隔に設けられた24個のスロット8に6個の4極界磁巻線 W_{f1} 、 W_{f2} 、 W_{f3} 、 W_{f4} 、 W_{f5} 、 W_{f6} が巻装され、6個の界磁巻線は各々が前記三相主発電巻線の電流 I_1 、 I_2 、 I_3 に基づく電機子反作用磁界の奇数次の空間高調波成分および前記固定子励磁巻線の電流 I_e に基づく静止磁界の空間基本波成分の双方とそれぞれ磁氣的結合を成すスロット位置に配列されており、前記6個の界磁巻線は各々がダイオード D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 、 D_5 、 D_6 を介して短絡されている。

【0028】以上の構成において、界磁巻線 W_{f1} 、 W_{f2} 、 W_{f3} 、 W_{f4} 、 W_{f5} 、 W_{f6} を巻装した回転子6を回転させると、回転子コア7の残留磁気が作用して主発電巻線 W_u 、 W_v 、 W_w に若干の起電力が誘導し、それによる交流電流が主発電巻線 W_u 、 W_v 、 W_w に流れて電機子反作用磁界が生じる。またこのとき、固定子励磁巻線 W_e には主発電巻線 W_u 、 W_v 、 W_w の中間タップ u 、 v 、 w と固定子励磁巻線 W_e 間に接続した制御整流装置5の三相全波整流器 R_D によって、前記主発電巻線 W_u 、 W_v 、 W_w の誘導起電力を全波整流して得られた直流電流 I_e が流れ、固定子励磁巻線 W_e は静止磁界を作る。そして、これらの磁界は磁氣的に結合する回転子6の6個の界磁巻線 W_{f1} 、 W_{f2} 、 W_{f3} 、 W_{f4} 、 W_{f5} 、 W_{f6} の各々に重畳起電力を誘導する。ここに誘導される起電力は、各々に直列に設けたダイオード D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 、 D_5 、 D_6 によって各々が半波整流されて回転子6の主磁界を増磁し、主発電巻線 W_u 、 W_v 、 W_w の起電力を増大させることになる。この動作の繰り返しにより、主発電巻線 W_u 、 W_v 、 W_w の発電電圧が確立する。なお、このとき前記可変抵抗器 R_r を調整すると、固定子励磁巻線 W_e に流れる電流 I_e が制御されて、結果的に発電機1の無負荷電圧を任意に可変設定できる。

【0029】ところで、回転子6に残留磁気が無いときには、固定子励磁巻線にバッテリーを瞬時投入して回転子の界磁巻線に起電力を誘導させ、この起電力の半波整流電流によって回転子に主磁界を発生させる。

【0030】次に、この発電機1に三相抵抗負荷あるいは誘導性負荷を接続すると以下のように作用する。つまり、三相抵抗負荷あるいは誘導性負荷の接続により主発電巻線 W_u 、 W_v 、 W_w から負荷電流 I_{x1} 、 I_{x2} 、 I_{x3} が流出することになり、この負荷電流 I_{x1} 、 I_{x2} 、 I_{x3} によって主発電巻線 W_u 、 W_v 、 W_w が作る電機子反作用磁界が増大する。したがって電機子反作用磁界の空間高調波成分も増大し、この空間高調波成分と磁氣的結合を成す位置にそれぞれ個別に巻装されている界磁巻線 W_{f1} 、 W_{f2} 、 W_{f3} 、 W_{f4} 、 W_{f5} 、 W_{f6} の各々の起電力が増加して界磁巻線に流れる界磁電流 I_{f1} 、 I_{f2} 、 I_{f3} 、 I_{f4} 、 I_{f5} 、 I_{f6} が増し、主発電巻線の誘導起電力が増加してインピーダンス電圧降下の増加に対する出力電圧の変動を補償する。つまり、本発明による発電機は、負荷の増減にともなう負荷電流 I_{x1} 、 I_{x2} 、 I_{x3} の増減が回転子の界磁電流 I_{f1} 、 I_{f2} 、 I_{f3} 、 I_{f4} 、 I_{f5} 、 I_{f6} の増減をもたらすことになり、結果的に主発電巻線 W_u 、 W_v 、 W_w の誘導起電力が増減して主発電巻線のインピーダンス電圧降下の増減を補償し、負荷の増減に対してほぼ一定値（平複巻特性）の発電機出力が得られる。

【0031】更に、この発電機は負荷が三相不平衡負荷あるいは単相負荷の場合でも、主発電巻線の三相不平衡電流によって新たに生じた電機子反作用磁界の逆相分の空間基本波成分が複数個の界磁巻線の各々に起電力を誘導して界磁の直巻励磁効果をもたらすため、三相不平衡電流に原因する電機子反作用磁界の空間高調波成分の減少に基づく界磁の直巻励磁効果の減少分が補償されることになり、発電機の出力電圧は負荷の変化に対して補償される。

【0032】さて、本発明のブラシレス自励三相同期発電機の回転子に巻装した界磁巻線の作用について説明する。回転子の複数個の界磁巻線 W_{f1} 、 W_{f2} 、 W_{f3} 、 W_{f4} 、 W_{f5} 、 W_{f6} は、該界磁巻線個々を前記主発電巻線 W_u 、 W_v 、 W_w の磁極間隔と等しい磁極間隔となる電気角で 180° のピッチにして、固定子励磁巻線 W_e （実施例では12極）が作る静止磁界の空間基本波成分と磁氣的結合を成すように前記回転子コア3に等間隔に設けた任意数のスロット4に順次配列して巻装してある。この時の主発電巻線（実施例では4極）が作る電機子反作用磁界の空間調波成分の中で基本波及び第5次空間高調波（低次高調波）と前記固定子励磁巻線が作る静止磁界の空間基本波成分の分布、また複数個の界磁巻線の内の一つの界磁巻線14の配設状態を図4に示す。以下に、前記電機子反作用磁界の第5次空間高調波成分と前記静止磁界の空間基本波成分とによる回転子の界磁巻線の誘導起電力を例示し、本発明に係る回転子と特にその界磁巻線の作用を説明する。

【0033】三相主発電巻線の三相平衡電流による電機子反作用磁界の空間分布は、前記三相主発電巻線が奇数次の空間高調波成分を生む巻線態様であることから、そ

11

12

の空間分布は次の「式1」で与えられる。

*【式1】

【0034】

*

$$B_a = B_{a1} \sin(\theta - \omega t) + B_{a5} \sin(5\theta + \omega t) \\ + B_{a7} \sin(7\theta - \omega t) + \dots$$

一方、固定子励磁巻線 W_e の直流電流による静止磁界の空間分布は、実施例(12極)では次の「式2」で与えられる。

※【0035】

【式2】

※

$$B_e = B_{e3} \sin 3\theta + B_{e9} \sin 9\theta + B_{e15} \sin 15\theta + \dots$$

ここで「式1」の第5次空間高調波成分と「式2」の空間基本波成分とによって誘導する界磁巻線 W_c (C_1 、 C_7)の起電力を求めてみると次の「式3」のようにな

★る。

【0036】

【式3】

$$e = 2 E_{a5} \sin(6\omega t + \alpha) + 2 E_{e3} \sin(3\omega t + \beta)$$

e : 界磁巻線1個当たり、4極当りの誘導起電力

α 、 β : 位相差

従って、この界磁巻線 W_c (C_1 、 C_7)には、「式3」の起電力が誘導され、界磁巻線 W_c に直列に設けたダイオード D_1 (半導体整流素子)によって半波整流された直流が流れ、回転子に主磁極が形成されることになる。更に詳説すると、前述した「式1」及び「式2」がそれぞれ含むその他の奇数次の空間高調波成分も全てこの電気角 180° のピッチに配設された界磁巻線に起電力を誘導し、界磁極の形成に寄与することは明らかである。なお、三相主発電巻線に三相不平衡電流が流れた場合には、新たに電機子反作用磁界の逆相分の空間基本波成分による誘導起電力が界磁巻線に加わる。

【0037】ところで、AVR (自動電圧調整装置)を固定子励磁巻線 W_e に併用して、励磁が不足する場合にAVRでまかなうようにすることもあり、この他、固定子の直流励磁に関する公知技術は利用可能で、本実施例に限定されることはない。

【0038】本発明による好適な第2の実施例を図5と図6とによって説明する。図5に第2の実施例のブラシレス自動三相同期発電機9の回路図と、図6に第2の実施例による固定子10のスロット12を示す。なお、第2の実施例による回転子は第1の実施例による回転子と同様となるので図3を代用して省略する。まず、固定子10の回路構成について説明すると、固定子コア11に等間隔に設けられた48個のスロット12に電気角で 120° の位相差を設けて、4極の三相主発電巻線 W_u 、 W_v 、 W_w が、該三相主発電巻線が作る電機子反作用磁界の空間高調波成分を適度に発生させるためにそれぞれ3スロット (毎極毎相当り) 分布全巻に巻装されている。図6では三相主発電巻線 W_u 、 W_v 、 W_w のうちU相の主発電巻線 W_u のみを図示し、その他の主発電巻線 W_v 、 W_w は省略してある。また、この三相主発電巻線の出力端U、V、Wに負荷と並列に可変リアクトル1

☆3を接続してある。なお、前記三相主発電巻線は、界磁の直巻励磁作用に利用し得る適度の電機子反作用磁界の奇数次の空間高調波成分を発生させるための巻線態様であれば、本実施例の分布全巻に限定されることはない。ところで本実施例の回転子の回路構成は、前述した第1の実施例の回転子6と同様の構成であり、ここでの回転子の詳細な説明は省略する。

【0039】以上の構成において、界磁巻線 W_{f1} 、 W_{f2} 、 W_{f3} 、 W_{f4} 、 W_{f5} 、 W_{f6} を巻装した回転子6を回転させると、回転子コア7の残留磁気 が作用して主発電巻線 W_u 、 W_v 、 W_w に若干の起電力が誘導し、主発電巻線と可変リアクトル13にリアクトル励磁電流 I_{L1} 、 I_{L2} 、 I_{L3} が流れる。この電流が主発電巻線 W_u 、 W_v 、 W_w に流れると電機子反作用磁界が生じる。そして、この磁界の奇数次の空間高調波成分と磁氣的に結合する回転子6の6個の界磁巻線 W_{f1} 、 W_{f2} 、 W_{f3} 、 W_{f4} 、 W_{f5} 、 W_{f6} の各々に起電力が誘導する。ここに誘導される起電力は、各々に直列に設けたダイオード D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 、 D_5 、 D_6 によって各々が半波整流されて回転子6の主磁界を増磁し、主発電巻線 W_u 、 W_v 、 W_w の起電力を増大させることになる。この動作の繰り返しにより、主発電巻線 W_u 、 W_v 、 W_w の発電電圧が確立する。なお、このとき前記可変リアクトル13を調整すると、該可変リアクトル13に流れるリアクトル電流 I_{L1} 、 I_{L2} 、 I_{L3} が制御されて、結果的に発電機1の無負荷電圧を任意に可変設定できる。

【0040】ところで、回転子6に残留磁気が無いときには、主発電巻線にバッテリーを瞬時投入して回転子界磁巻線に起電力を誘導させ、この起電力の半波整流電流によって回転子に若干の主磁界を発生させる。

【0041】次に、この発電機9に三相の誘導性負荷あるいは容量性負荷を接続すると以下のように作用する。

☆50

13

つまり、三相負荷の接続により主発電巻線 W_U 、 W_V 、 W_W には負荷電流 I_{x1} 、 I_{x2} 、 I_{x3} とリアクトル電流 I_{L1} 、 I_{L2} 、 I_{L3} とのベクトル和の電流が流れる。従って、主発電巻線 W_U 、 W_V 、 W_W を流れる電流の大きさは、負荷電流 I_{x1} 、 I_{x2} 、 I_{x3} の大きさが一定であってもリアクトルの効用によって負荷の力率が遅れ力率になるほど増大し、負荷の力率が進み力率になるほど減少する。このベクトル和の電流の増減によって主発電巻線 W_U 、 W_V 、 W_W が作る電機子反作用磁界が増減する。したがって電機子反作用磁界の空間高調波成分も増減し、この空間高調波成分と磁氣的結合を成す位置にそれぞれ個別に巻装されている界磁巻線 W_{f1} 、 W_{f2} 、 W_{f3} 、 W_{f4} 、 W_{f5} 、 W_{f6} の各々の起電力が増減して界磁巻線の半波整流電流 I_{f1} 、 I_{f2} 、 I_{f3} 、 I_{f4} 、 I_{f5} 、 I_{f6} が増減し、結果的に主発電巻線の誘導起電力が増減する。したがって、この第2の実施例の発電機は負荷力率が遅れ力率になるほど界磁の直巻励磁効果が増大して出力電圧の低下が抑制され、また負荷力率が進み力率になるほど界磁の直巻励磁効果が減少して進相電流による自己励磁現象に基づく出力電圧の上昇が抑制される。つまり、この発電機は負荷力率の変化に適切に対応できる自動電圧調整機能を発電機自体が有している。

【0042】本発明の第1と第2の実施例の回転子は、そのスロット数を24としたが、例えばスロット数を20スロットに形成して、奇数次の空間高調波成分のうち第5次空間高調波成分と最大に磁氣的結合を成すように複数の回転子界磁巻線を回転子のスロットに配設することも可能であり、この場合にも第5次空間高調波成分に比較すると小さくなるが、他の奇数次空間高調波成分とも磁氣的結合を成している。このように、特定次数の空間高調波成分との磁氣的結合を主目的とした回転子界磁巻線の配設とした場合でも本発明の要旨との違いは発生しない。つまり、固定子主巻線の極数と同極数の界磁巻線を回転子コアに複数個巻装するとき、その複数個の界磁巻線が奇数次の空間高調波成分と磁氣的結合を成すように回転子コアに配設すればよい。

【0043】更に、この発電機は負荷が三相不平衡負荷、あるいは単相負荷の場合でも、主発電巻線の三相不平衡電流によって新たに生じた電機子反作用磁界の逆相分の空間基本波成分が複数個の界磁巻線の各々に起電力を誘導して界磁の直巻励磁効果をもたらすため、三相不平衡電流に原因する電機子反作用磁界の空間高調波成分の減少に基づく界磁の直巻励磁効果の減少分が補償されることになり、発電機の出力電圧は負荷の変動に対してほぼ一定に保たれる。

【0044】

【発明の効果】以上のことから本発明では、従来技術において必要であったブラシレス自励同期発電機の回転子励磁巻線を不要としたので、まず、回転子界磁巻線と半導体整流素子とからなる簡単且つ堅牢な回転子構成を可

14

能とした。次に回転子のスロット数の制約が無くなり、固定子コアと回転子コアとのスロット数の組合せに原因した電磁振動や騒音の発生が抑制された。そして、付随効果として、回転子励磁巻線を取り除いたことにより回転子回路の時定数が小さくなり、電圧制御の応答を速くすることができた。

【0045】また、電機子反作用磁界及び静止磁界それぞれの奇数次の空間調波成分と磁氣的結合を成しうる回転子構造としたので、三相平衡負荷時、三相不平衡負荷時及び単相負荷時のいずれの場合においても直巻励磁効果を一層高めることができ、よって発電機の出力電圧は負荷の変化に対してより安定的に補償されるようになった。

【0046】以上のように、本発明によって多大な効果を奏することのできるブラシレス自励三相同期発電機を提供することができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるブラシレス三相自励同期発電機の回路図。

【図2】本発明によるブラシレス三相自励同期発電機の固定子のスロットを示す図。

【図3】本発明によるブラシレス三相自励同期発電機の回転子のスロットを示す図。

【図4】本発明によるブラシレス三相自励同期発電機の空間高調波の基本波成分と奇数次の高調波成分を示す図。

【図5】本発明による第2の実施例のブラシレス三相自励同期発電機の回路図。

【図6】本発明による第2の実施例のブラシレス三相自励同期発電機の固定子のスロットを示す図。

【図7】従来のブラシレス自励同期発電機。

【図8】従来のブラシレス自励同期発電機。

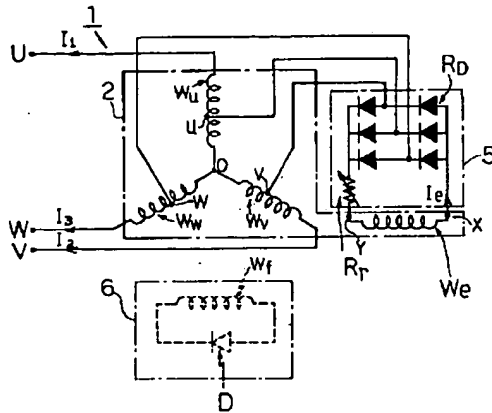
【符号の説明】

- 1 ブラシレス自励三相同期発電機
- 2 固定子
- 3 固定子コア
- 4 固定子スロット
- 5 制御整流装置
- 6 回転子
- 7 回転子コア
- 8 回転子スロット
- 9 ブラシレス自励三相同期発電機
- 10 固定子
- 11 固定子コア
- 12 固定子スロット
- 13 可変リアクトル
- 14 界磁巻線
- 15 空間基本波成分
- 16 空間高調波成分
- 20 固定子鉄心

15

- 21 固定子界磁巻線
- 22 回転子鉄心
- 23 回転子界磁巻線
- 24 回転子励磁巻線
- 25 三相全波整流器
- 26 ダイオードブリッジ回路

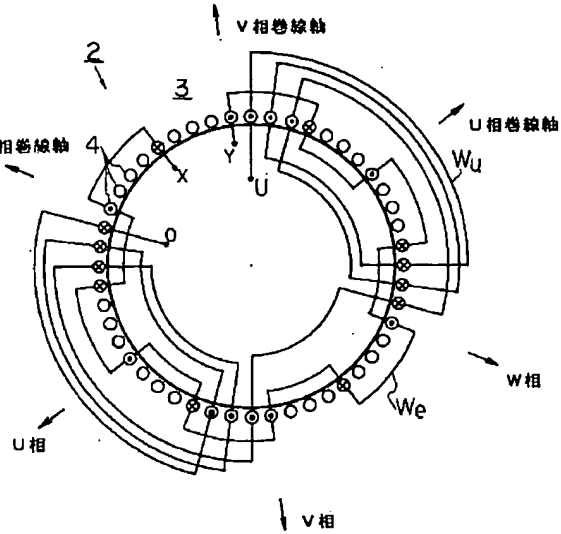
【図1】



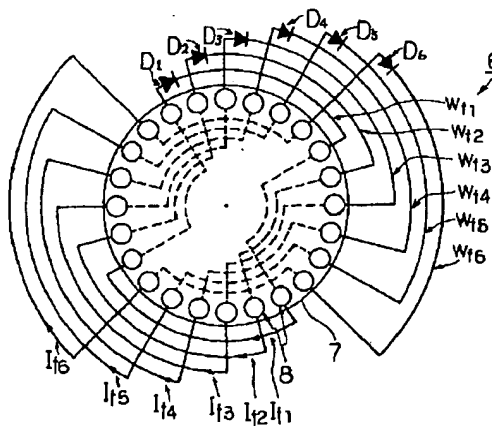
16

- 27 固定子鉄心
- 28 リアクトル
- 29 回転子鉄心
- 30 回転子励磁巻線
- 31 回転子界磁巻線
- 32 整流器

【図2】

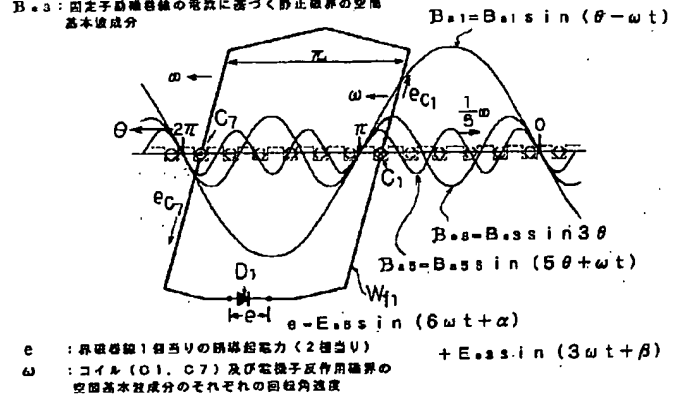


【図3】

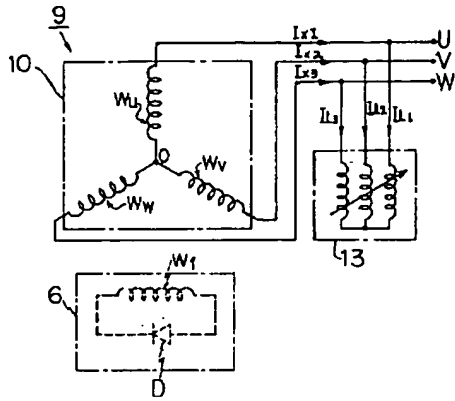


【図4】

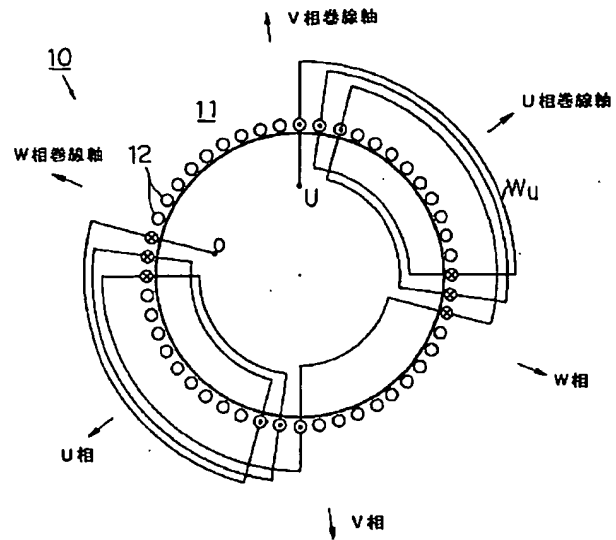
- B₁₁: 主励磁巻線の電流に基づく電機子反作用磁界の空間基本波成分
- B₁₆: 主励磁巻線の電流に基づく電機子反作用磁界の第5次空間高調波成分
- B₁₃: 固定子励磁巻線の電流に基づく励磁磁界の空間基本波成分



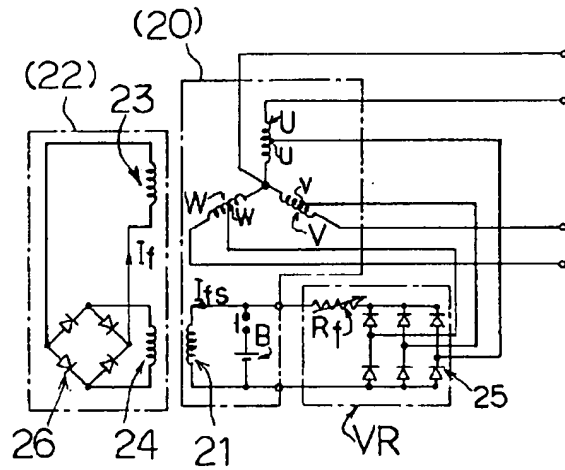
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

